Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 3, Fall 2022, p. 291-303

Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis

M. Dorrani-Nejad[1], R. Abdolshahi[2*], A. Kazemipour[3], A. Maghsoudi-Moud[4]

Received: 05-12-2021 Revised: 06-01-2022 Accepted: 02-02-2022	**How to cite this article:** Dorrani-Nejad, M., Abdolshahi, R., Kazemipour, A., and Maghsoudi-Moud, A. 2022. Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 291-303. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/jcesc.2022.74015.1120.

Introduction

Wheat is one of the most important cereals in the human diet and widely used in many processed nutrition products. Water deficit stress is a main limiting factor of wheat growth and productivity in the world. Major objective of plant breeding is improving grain yield under drought stress condition. In the breeding programs, selection based on multi-traits is an important approach to improve grain yield. This research was conducted out to evaluate the effect of phenological and agronomic traits of 10 bread wheat near isogenic lines (in three genetic backgrounds) and cultivars on grain yield under cyclic drought stress condition and detection a function to use all effective secondary traits simultaneously.

Materials and Methods

Six Near-Isogenic Lines (NILs) as well as their parents were evaluated at the research field of Shahid-Bahonar University of Kerman, during growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020 under cyclic drought stress condition based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. The field was irrigated every 28 days in autumn and winter and every other week in the spring. In the present research grain yield, phenological and agronomic traits were measured. Analysis of variance was performed using SAS v9.1. Broad sense heritability (h^2_{bs}) was calculated following the method of Fehr (1987) as follows:

$$h^2_{bs} = \sigma^2_g / \sigma^2_g + \sigma^2_e \quad (1)$$

Phenotypic coefficient of variability (PCV) and genotypic coefficient of variability (GCV) were calculated as the following formula proposed by Singh and Chaudhary (1985):

$$PCV= (\sigma_p/ \mu) \times 100 \quad (2)$$

$$GCV= (\sigma_g/ \mu) \times 100 \quad (3)$$

Where μ, σ_p and σ_g are mean, phenotypic standard deviation and genotypic standard deviation, respectively. Expected response (R) to selection in breeding programs was calculated following the methods of Falconer and Mackay (1996) as follows:

$$R= ih^2_b\sigma_p \quad (4)$$

Where i is selection intensity, which is equal to1.694 if 10% of genotypes are selected (p = 10%) in breeding program.

The studied genotypes were designated as group one and two based on grain yield under drought stress condition. Those traits that could significantly separate two groups based on t-test entered the discriminant

1- Ph.D. candidate of Plant breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Research and Technology Institute of Plant Production, Shahid Bahonar University of Kerma, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
4- Associate Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: abdoshahi@uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2022.74015.1120

analysis. These traits were standardized before discriminant analysis, as follows:

$Z_{ij} = (X_{ij} - \mu) / S_i$ (5)

where Z_{ij} is standard score for j^{th} genotype in i^{th} traits, X_{ij} is raw data of for j^{th} genotype in i^{th} traits and Si is standard deviation of i^{th} traits. Discriminant analysis was performed using MINITAB.

Results and Discussion

Among several secondary traits only awn length, flag leaf length and grain number per spike (grains/spike) could significantly distinguish high and low yield genotypes under water stress condition. These results showed the importance of the mentioned traits in the breeding programs for drought prone environments. Discriminant function of these traits was used as a comprehensive index for selection of high yield genotypes (Eq. (6)).

DS= -1.32 + 2.07 FLL + 1.63 AL – 0.04 GNS (6)

Where DS, FLL, AL, and GNS are discriminant score, flag leaf length, awn length and grains number per spike, respectively. This index could explain 72% of grain yield variation and had significant positive correlation with grain yield in water stress condition ($r = 0.85^{**}$). Also it could well separate genotypes with the accurate classification rate of 90%. Discriminant function revealed that flag leaf and awn length were the most important effective traits on grain yield under drought stress condition, respectively. This index can be used as criteria for simultaneous selection of the mentioned traits in the future breeding programs.

Conclusion

Awn length, flag leaf length and grain number per spike that entered to the discriminant function had high correlation with grain yield, high heritability and easy evaluation. Therefore, selection based on these traits is a good approach to improve grain yield in drought prone environments. Discriminant function obtained in this study could be an appropriate technique to selecting high yield genotypes under drought stress condition.

Keywords: Bread wheat, Discrimination function, Simultaneous selection, Water stress

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۱، ص ۳۰۳-۲۹۱

شناسایی صفات مرتبط با عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی دوره‌ای با روش تجزیه تشخیص

مریم درانی نژاد[۱]، روح اله عبدالشاهی[۲*]، علی کاظمی‌پور[۳]، علی اکبر مقصودی مود[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

چکیده

گندم یکی از مهم‌ترین غلات در رژیم غذایی انسان است و به‌طور گسترده در بسیاری از محصولات غذایی فرآوری‌شده استفاده می‌شود. تنش کم‌آبی از عوامل اصلی محدودکننده رشد و تولید گندم در جهان است. این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر صفات ثانویه زراعی و فنولوژیک بر عملکرد دانه ده ژنوتیپ گندم نان (شش لاین ایزوژن در سه زمینه ژنتیکی و چهار رقم) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای انجام شد. دو آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه شهید باهنر کرمان طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ اجرا و صفات متعددی اندازه‌گیری شد. در این بررسی بین صفات ثانویه متعددی که بررسی شد فقط طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله توانستند به‌طور معنی‌داری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش رطوبتی را از هم تفکیک نمایند. این نتیجه اهمیت این صفات را در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به خشکی نشان می‌دهد. تابع تشخیص این صفات به‌عنوان یک شاخص جامع برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد و با عملکرد دانه در شرایط تنش آبی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/85^{**}$) نشان داد. تابع تشخیص نشان داد که مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب طول برگ پرچم و طول ریشک بودند. این شاخص می‌تواند به‌عنوان معیاری برای انتخاب همزمان در برنامه‌های به‌نژادی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب همزمان، تابع تشخیص، تنش رطوبتی، گندم نان

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان منبع مهمی از کالری و پروتئین یک محصول کلیدی است که امنیت غذایی و اقتصاد جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ایجاد و توسعه مداوم ارقام زراعی گندم با عملکرد دانه بالا، کیفیت تغذیه و فرآوری خوب و متحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی برای تأمین امنیت غذایی حیاتی است (Mondal *et al.*, 2016). خشکی بیش از هر تنش محیطی دیگر رشد گیاه و تولید محصولات زراعی را محدود می‌کند (Zhu, 2002). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای چندساله با هدف بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد گندم و ذرت (*Zea mays* L.) مشخص گردید تنش خشکی عملکرد گندم را به‌میزان ۲۰ درصد و عملکرد ذرت را ۳۹ درصد کاهش می‌دهد (Daryanto *et al.*, 2016). مهم‌ترین هدف به‌نژادگران گندم برای شرایط خشکی، افزایش تولید دانه است (Guoth *et al.*, 2009). عملکرد دانه یک صفت کمی است و در کنترل تعداد زیادی ژن می‌باشد، به‌دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار است. بنابراین به‌نژادگران به‌منظور بهبود عملکرد دانه، اصلاح را از طریق گزینش غیرمستقیم صفاتی که با عملکرد همبستگی دارند انجام می‌دهند (Dawari and Luthra, 1991; Richards, 1996; Kirigwi *et al.*, 2004). در گندم همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه) گزارش شده است (Fakhar *et al.*, 2015). تعداد دانه در

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdoshahi@uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2022.74015.1120

واحد سطح به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه در گندم می‌باشد (Hall and Richards, 2013). در بررسی‌های متعدد وراثت‌پذیری پایین برای عملکرد دانه در گندم گزارش شده است (Erkul *et al.*, 2010; Zanganeh Asadabadi *et al.*, 2012; Shayan *et al.*, 2019). نتایج یک بررسی در گندم نشان داد صفات ثانویه‌ای نظیر وزن هزاردانه، مساحت برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول سنبله وراثت‌پذیری بالاتری نسبت به عملکرد دانه داشتند (Molaei *et al.*, 2017). وراثت‌پذیری معیار مهم و ارزشمندی برای پیش‌بینی میزان پیشرفت ژنتیکی و پاسخ به گزینش در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود (Shayan *et al.*, 2019). از آن‌جایی که به‌نژادگران سعی در بهبود همزمان چند ویژگی از گیاه را دارند، آگاهی از میزان و نوع همبستگی بین صفات از اهمیت زیادی برخوردار است (Houshmand, 2003; Kamali-Zadeh *et al.*, 2013). گزینش براساس چندین صفت به‌طور همزمان، روش ارزشمندی برای بهبود عملکرد دانه می‌باشد. در بررسی تنوع ژنتیکی، روش‌های آماری چندمتغیره ژنوتیپ‌ها را به‌طور همزمان از لحاظ چندین صفت مورد ارزیابی قرار می‌دهند و با توجه به تمام صفات مورد بررسی، در مورد ژنوتیپ‌ها قضاوت می‌شود. رگرسیون چند متغیره و تجزیه تشخیص روش‌های مناسبی برای این هدف هستند. روش تجزیه تشخیص در مقایسه با رگرسیون چندمتغیره تکنیک مفیدتری در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین است و ماکزیمم تفکیک را در این مسیر فراهم می‌کند. تجزیه تشخیص تکنیک مناسبی برای رسیدن به اهداف زیر است: ۱- شناسایی صفاتی که به بهترین وجه دو گروه ژنوتیپ موردنظر را از هم متمایز نمایند. ۲- معرفی یک تابع یا معادله با استفاده از صفات شناسایی شده که تفاوت دو گروه را نشان دهد. ۳- استفاده از معادله شناسایی شده برای گروه‌بندی مشاهدات آینده (Abdolshahi, 2014). با هدف شناسایی لاین‌های برتر گندم نان از لحاظ عملکرد دانه و شناسایی صفات زراعی و فنولوژیک تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد دانه و شناسایی صفات زراعی و فنولوژیک تأثیرگذار بر عملکرد دانه ده ژنوتیپ گندم نان شامل شش لاین ایزوژن در سه زمینه ژنتیکی و چهار رقم (جدول ۱)، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. مزرعه تحقیقاتی مورد نظر دارای طول جغرافیایی ۵۷ درجه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۶ متر با اقلیم معتدل و خشک می‌باشد. بافت خاک آن از نوع لومی شنی با اسیدیته ۷/۹ و هدایت الکتریکی ۲/۱۱ دسی‌زیمنس بر متر است. میزان بارندگی در طول دوره رشد در سال اول آزمایش ۷۹/۶ میلی‌متر و در سال دوم ۱۱۵/۵ میلی‌متر بود. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین (شخم نیمه‌عمیق، دیسک و عملیات تسطیح)، کاشت به‌صورت دستی انجام شد. کشت بذور در هر دو سال آزمایش با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع در اواسط آبان ماه و برداشت در اوایل تیرماه صورت گرفت. هر کرت شامل ۲۲ ردیف با طول پنج متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود به طوری‌که سطح برداشت هر کرت پس از حذف حاشیه‌ها ۲۰ متر مربع بود. مراقبت‌های زراعی از جمله کوددهی، حذف علف‌های هرز در طول دوره رشد گیاه مطابق عرف انجام شد. تنش به‌صورت دوره‌ای یعنی انجام آبیاری یک دور در میان اعمال شد بدین ترتیب که آبیاری مزرعه در فصول پاییز و زمستان هر ۲۸ روز یکبار و در فصل بهار هر ۱۴ روز یکبار انجام شد در حالی‌که در شرایط نرمال رطوبتی مطابق عرف منطقه، آبیاری در فصول پاییز و زمستان هر ۱۴ روز یکبار و در فصل بهار هر ۷ روز یکبار انجام می‌شود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط تنش رطوبتی طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ مطالعه شدند.

در تمام این تلاقی‌ها اکسکلیبر به‌عنوان والد بخشنده بود و گزینش برای زودرسی انجام شد. اکسکلیبر یک رقم استرالیایی زودرس، متحمل به خشکی و مقاوم به زنگ زرد است (Izanloo *et al.*, 2008). روشن، مهدوی و کل‌حیدری ارقام ایرانی متحمل به خشکی ولی نسبتاً دیررس‌اند، روشن و مهدوی در شرایط فاریاب و کل‌حیدری در شرایط دیم کشت می‌شود (Abdolshahi *et al.*, 2013). صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پرشدن دانه (تعداد روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی) زمانی که ۳۰ بوته از هر کرت به مرحله مورد نظر رسیدند ثبت شد.

صفات زراعی از جمله ارتفاع بوته، طول ریشک، عرض، طول و مساحت برگ پرچم با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح یک ردیف در هر پلات شمارش شد. تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (تن در هکتار) پس از حذف ردیف‌های حاشیه و برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد بررسی محاسبه گردید.

وراثت‌پذیری عمومی برای هر صفت با استفاده از اجزای واریانس به روش زیر (رابطه (۱)) برآورد گردید (Fehr, 1987):

$$h^2_{bs} = \sigma^2_g / \sigma^2_g + \sigma^2_e \quad (۱)$$

در این رابطه h^2_{bs}، σ^2_g و σ^2_e به‌ترتیب وراثت‌پذیری عمومی، واریانس ژنتیکی و واریانس محیطی می‌باشند.

ضرایب تغییرات فنوتیپی (PCV) و ژنوتیپی (GCV) با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شد (Singh and Chaudhary; 1985):

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد بررسی گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در دو سال زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸

Table 1- Studied genotypes of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019 and 2019-2020

ژنوتیپ **Genotype**	توضیحات **Comments**
SBUK101	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم کل‌حیدری با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Kalheydari with Excalibur cultivar)
SBUK102	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم کل‌حیدری با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Kalheydari with Excalibur cultivar)
SBUK103	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم مهدوی با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Mahdavi with Excalibur cultivar)
SBUK104	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم مهدوی با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Mahdavi with Excalibur cultivar)
SBUK105	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم روشن با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Roshan with Excalibur cultivar)
SBUK106	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم روشن با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Roshan with Excalibur cultivar)
رقم روشن Roshan cultivar	منشاء ایران Origin of Iran
رقم مهدوی Mahdavi cultivar	منشاء ایکاردا Origin of ICARDA
رقم کل‌حیدری Kalheydari cultivar	منشاء ایران Origin of Iran
رقم اکسکلیبر Excalibur cultivar	منشاء استرالیا Origin of Australian

$$PCV= (\sigma_p/ \mu) \times 100 \quad (۲)$$

$$GCV= (\sigma_g/ \mu) \times 100 \quad (۳)$$

در این روابـط PCV، GCV، μ، σ_p و σ_g بـه‌ترتیـب عبارتنـد از: ضریب تغییرات فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنوتیپی، میـانگین، انحـراف معیار فنوتیپی و انحراف معیار ژنوتیپی.

میزان پاسخ به گـزینش بـا اسـتفاده از رابطـه (۴) بـرآورد گردیـد (Falconer and Mackay; 1996):

$$R= ih^2_{bs}\, \sigma_p \quad (۴)$$

R، i، h^2_{bs} و σ_p در رابطه (۴) به‌ترتیب پاسخ بـه گـزینش، شـدت گزینش، وراثت‌پذیری عمومی و انحراف معیار فنوتیپی می‌باشد. i با در نظر گرفتن گزینش ۱۰ درصد افراد برتـر بـرای هـر صـفت برابـر بـا ۱/۶۹۴ منظور شد.

ده ژنوتیپ مورد بررسی براساس میـانگین عملکـرد دانـه (تـن در هکتار) طی دو سال آزمایش، در دو گروه عملکرد بالا و عملکرد پایین قرار گرفتند. از بین صـفات زراعـی و فنولوژیـک انـدازه‌گیـری شـده، صفاتی که توانستند بر اساس آزمون t به‌طور معنی‌داری این دو گـروه را از هم تفکیک کنند برای تجزیه تشـخیص اسـتفاده شـدند. مقـادیر صفات مورد نظر قبل از استفاده برای تجزیه تشـخیص بـا اسـتفاده از رابطه (۵) استاندارد شد.

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \mu) / S_i \quad (۵)$$

در رابطه (۵) Z_{ij} مقدار استاندارد ژنوتیـپ j ام در صـفت i ام، X_{ij} داده خام ژنوتیپ j ام در صفت i ام و S_i انحراف استاندارد صـفت i ام می‌باشد. برای انجام تجزیـه تشـخیص از نـرم‌افزارهـای Minitab و Excel استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مورد بررسی، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (SAS Institute Inc, 2004).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظـه‌ای در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بـرای صـفات مـورد مطالعـه مشـاهده شـد (جداول ۲ و ۳). در سال اول اجرای آزمایش، تفـاوت معنـی‌داری بـین ژنوتیپ‌ها از لحاظ همه صفات به‌غیر از تعداد سنبله در واحـد سـطح و طول دوره پرشدن دانه مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۸-۹۷

Table 2- Analysis of variance (ANOVA) for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشک Awn length	عرض برگ پرچم Flag leaf width	طول برگ پرچم Flag leaf length	سطح برگ پرچم Flag leaf area	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	وزن هزاردانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	3	1.95*	4.83*	12.81ns	6.96ns	72.95ns	0.62ns	0.01ns	3.29ns	10.55ns	63002.77ns	8.4*	83.93**	0.28ns
ژنوتیپ Genotype	9	97.71**	50.22**	38.81**	9.86ns	137.23**	33.36**	0.11**	10.19**	43.87**	56487.47ns	157.64**	82.13**	0.82**
خطای آزمایشی Experimental error	27	0.54	1.57	10.2	6.65	36.83	0.35	0.01	1.85	5.27	30835.69	2.41	4.49	0.1
ضریب تغییرات Coefficient of variations		0.5	0.8	1.7	8.2	6.4	11.6	7.0	8.9	14.9	17.8	6.2	5.7	10.0

**بسیار معنی‌دار P < ۰/۰۱، * معنی‌دار P < ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار

**, *and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۹-۹۸

Table 3- Analysis of variance (ANOVA) for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2019-2020

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشک Awn length	عرض برگ پرچم Flag leaf width	طول برگ پرچم Flag leaf length	سطح برگ پرچم Flag leaf area	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	وزن هزاردانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	3	27.38**	26.23**	9.23ns	14.63*	539.97**	1.76*	0.02ns	12.56ns	18.37ns	51400.27ns	47.35**	22.32**	0.63*
ژنوتیپ Genotype	9	99.99**	56.9**	40.01**	11.97*	506.7**	44.79**	0.16**	24.54**	127.99**	143175.53*	357.2**	25.31**	3.2**
خطای آزمایشی Experimental error	27	2.28	5.5	3.53	4.13	60.04	0.5	0.01	5.3	25.41	49653.69	6.76	4.07	0.19
ضریب تغییرات Coefficient of variations		1.1	1.7	1.1	5.5	6.4	10.8	6.5	10. 6	18.2	22.2	7.6	4.3	9.3

**بسیار معنی‌دار $P < ۰/۰۱$، * معنی‌دار $P < ۰/۰۵$، ns غیرمعنی‌دار

**, *and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.

جدول ٤- میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۸-۹۷

Table 4- Mean and genetic parameters for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019

صفات Traits	میانگین Mean	GCV	PCV	σ^2_g	σ^2_e	h^2_{bs}	R%
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	154.03	3.2	3.24	24.29	0.54	0.98	5.37
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	158.13	2.21	2.34	12.16	1.57	0.89	3.54
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	189.59	1.41	2.2	7.15	10.2	0.41	1.53
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	31.46	2.84	8.68	0.8	6.65	0.11	1.62
ارتفاع بوته Plant height (cm)	94.29	5.31	8.35	25.1	36.83	0.41	5.8
طول ریشک Awn length (cm)	5.14	55.88	57.05	8.25	0.35	0.96	92.78
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.35	11.71	13.86	0.03	0.01	0.71	17.04
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	15.35	9.42	12.93	2.09	1.85	0.53	11.58
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm^2)	15.37	20.21	25.13	9.65	5.27	0.65	27.65
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	948.79	8.13	19.6	6412.95	30835.69	0.17	5.64
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	24.97	24.95	25.71	38.81	2.41	0.94	40.94
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	37.13	11.87	13.17	19.41	4.49	0.81	18.07
عملکرد دانه) Grain yield ($ton.ha^{-1}$)	3.17	13.38	16.69	0.18	0.1	0.64	18.12

GCV و PCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، σ^2_g و σ^2_e: واریانس ژنتیکی و خطای آزمایشی، h^2_{bs}: وراثت‌پذیری عمومی، R%: پاسخ مورد انتظار به گزینش (درصدی از میانگین)

GCV and PCV: Genotypic and Phenotypic coefficient of variability; σ^2_g and σ^2_e: Genetic and Error variance; h^2_{bs}: Heritability in broad sense; R%: Expected response to selection (percentage of mean).

در حالی‌که در سال دوم اجرای آزمایش این تفاوت در همه صفات ملاحظه شد. میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفت طول ریشک دارای تنوع بیشتری هستند. طول ریشک بیشترین تنوع ژنتیکی (۵۰/۷۲ و ۵۵/۸۸ =GCV) و فنوتیپی (۵۱/۸۵ و ۵۷/۰۵ =PCV) را در دو سال اجرای آزمایش نشان داد. بیشترین درصد پاسخ به گزینش در دو سال آزمایش برای صفت طول ریشک مشاهده شد (۹۲/۷۸ درصد و ۸۴/۲۹ درصد). بین صفات بررسی‌شده در این پژوهش، در سال اول آزمایش صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، طول ریشک و تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب بالاترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۹۴) را دارا بودند (جدول ۴) و در سال دوم صفات طول ریشک، تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله به‌ترتیب (۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۱) بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس میانگین عملکرد دانه طی دو سال آزمایش، در دو گروه عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) قرار گرفتند (جدول ۷). گروه اول شامل ارقام مهدوی و اکسکلیبر، لاین‌های ایزوژن SBUK103، SBUK104 و SBUK101 و گروه دوم شامل لاین‌های ایزوژن SBUK105، SBUK106 و SBUK102 و ارقام روشن و کل‌حیدری بود. در این بررسی صفات ثانویه طول ریشک، طول برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله توانستند به‌طور معنی‌داری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش کم‌آبیاری را از هم تفکیک نمایند (جدول ۶). با

استفاده از این صفات یک تابع به‌عنوان معیاری برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا معرفی شد (رابطه ۶).

DS= -1.32 + 2.07 FLL + 1.63 AL – 0.04 GNS (۶)

که در این معادله، DS، FLL، AL و GNS به‌ترتیب عبارتند از: امتیاز تشخیص، طول برگ پرچم، طول ریشک و تعداد دانه در سنبله. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب $r = ۰/۷۹^{**}$، $r= ۰/۸۴^{**}$ و $r= ۰/۶۹^{**}$ نشان داد. این صفات به‌عنوان مهم‌ترین صفات ثانویه مؤثر در تحمل به خشکی در این مطالعه شناسایی شدند. تعداد دانه در سنبله از اجزای اصلی و مهم عملکرد دانه در گندم می‌باشد (Koocheki *et al.*, 2005). در مطالعات متعددی همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله گندم گزارش شده است (Gol Parvar *et al.*, 2003; Aghaee Sarbarzeh, 2012). در بررسی روابط بین صفات زراعی و عملکرد دانه در گندم نان در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و طول برگ پرچم مشاهده شده است (Dorrani-Nejad *et al.*, 2017a). نتایج یک مطالعه نشان داد عملکرد دانه در تریتیکاله همبستگی مثبت و معنی‌دار با طول برگ پرچم دارد (Irani *et al.*, 2010).

جدول ۵- میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۹-۹۸

Table 5- Mean and genetic parameters for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2019-2020

صفات Traits	میانگین Mean	GCV	PCV	σ^2_g	σ^2_e	h^2_{bs}	R%
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	135.27	3.65	3.82	24.43	2.28	0.91	5.89
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	138.38	2.59	3.09	12.85	5.5	0.7	3.67
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	175.15	1.72	2.03	9.12	3.53	0.72	2.48
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	36.78	3.81	6.71	1.96	4.13	0.32	3.64
ارتفاع بوته Plant height (cm)	121.24	8.72	10.81	111.67	60.04	0.65	11.89
طول ریشک Awn length (cm)	6.56	50.72	51.85	11.07	0.5	0.96	84.29
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.56	12.82	14.33	0.04	0.01	0.8	19.23
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	21.8	10.06	14.59	4.81	5.3	0.48	11.86
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm^2)	27.77	18.24	25.73	25.65	25.41	0. 5	21.81
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	1004.98	15.21	26.89	23380.46	49653.69	0.32	14.58
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	34.22	27.35	28.39	87.61	6.76	0.93	44.7
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	47.23	4.88	6.48	5.31	4.07	0.57	6.27
عملکرد دانه Grain yield ($ton.ha^{-1}$)	4.72	18.35	20.54	0.75	0.19	0.8	27.85

GCV و PCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، σ^2_g و σ^2_e: واریانس ژنتیکی و خطای آزمایشی، h^2_{bs}: وراثت‌پذیری عمومی، R%: پاسخ مورد انتظار به گزینش (درصدی از میانگین)

GCV and PCV: Genotypic and Phenotypic coefficient of variability; σ^2_g and σ^2_e: Genetic and Error variance; h^2_{bs}: Heritability in broad sense; R%: Expected response to selection (percentage of mean).

جدول ٦- میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) و t-test برای صفات ثانویه مورد بررسی
Table 6- Mean of high yield (group 1) and low yield (group 2) genotypes and t-test for studied secondary traits

صفات Traits	میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) Mean of high yield genotypes (group 1)	میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین (گروه دوم) Mean of low yield genotypes (group 2)	آزمون t t-test
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	144.7	144.6	0.01^{ns}
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	148.15	148.33	0.1^{ns}
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	182.75	181.98	0.39^{ns}
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	34.6	33.64	0.99^{ns}
ارتفاع بوته Plant height (cm)	103.18	112.34	2.06^{ns}
طول ریشک Awn length (cm)	7.99	3.73	2.94*
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.5	1.41	0.77^{ns}
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	19.96	17.11	3.57**
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm^2)	23.47	19.53	1.62^{ns}
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	945	1044.77	1.14^{ns}
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	34.57	24.61	2.59*
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	41.79	42.56	0.42^{ns}

**بسیار معنی‌دار P < ۰/۰۱، * معنی‌دار P < ۰/۰۵، ns غیرمعنی‌دار
**, *and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.

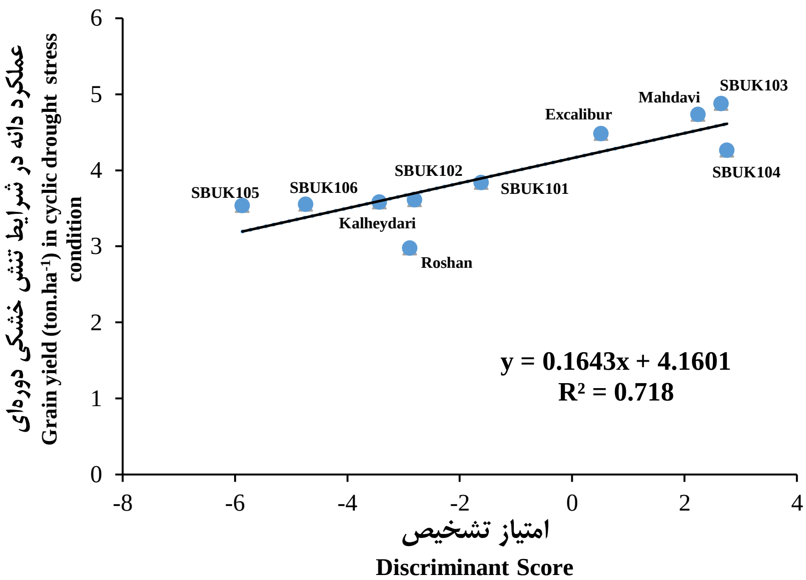
برگ پرچم در گندم مرکز اصلی فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه می‌باشد و سهم قابل توجهی (حدود ۴۳ درصد) از عملکرد دانه را داراست، بنابراین یکی از صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه می‌باشد (Blake *et al.*, 2007). ریشک‌دار بودن در غلات یک ویژگی مطلوب و مفید در شرایط خشکی به شمار می‌رود. وجود ریشک‌های بزرگ می‌تواند کارایی مصرف آب را پس از گرده‌افشانی افزایش دهد (Blum, 1989). صفات طول ریشک و تعداد دانه در سنبله در مقایسه با صفت طول برگ پرچم از وراثت‌پذیری عمومی بالاتری برخوردار بودند. وراثت‌پذیری عمومی بالای طول ریشک (۰/۹۵) در بررسی دیگری نیز مشاهده شده است (Dorrani-Nejad *et al.*, 2017b). در مطالعه‌ای دیگر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی بالایی برای تعداد دانه در سنبله گزارش شده است (Razia and Chowdhry, 2003). وندا و هوشمند در بررسی ساختار ژنتیکی صفات روزنه‌ای و برگ پرچم، وراثت‌پذیری بالا و همبستگی مثبت و معنی‌دار طول برگ پرچم را با عملکرد دانه گزارش کردند (Vanda and Houshmand, 2011). از آن‌جایی‌که وراثت‌پذیری عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد، درحالی‌که وراثت‌پذیری برخی صفات ثانویه در این شرایط بالا می‌باشد (Banziger *et al.*, 2000)، همچنین ارزیابی این صفات در مراحل ابتدایی رشد گیاه که امکان ارزیابی عملکرد دانه نیست، امکان‌پذیر می‌باشد، لذا صفات ثانویه می‌توانند دقت تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را در مقایسه با ارزیابی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی افزایش دهند.

تابع حاصل از تجزیه تشخیص علاوه بر مشخص کردن تمایز دو گروه، گروه‌بندی مشاهدات آینده را در یکی از دو گروه انجام می‌دهد (Sharma, 1996). از آنجایی که محاسبه امتیاز تشخیص براساس داده‌های استانداردشده صورت گرفت، لذا نقطه تمایز عدد صفر در نظر گرفته شد و ژنوتیپ‌های با عدد امتیاز تشخیص بیشتر از صفر در گروه اول و ژنوتیپ‌های با عدد امتیاز تشخیص کمتر از صفر در گروه دوم دسته‌بندی شدند (جدول ۷) و صفات طول برگ پرچم (با ضریب ۲/۰۷) و طول ریشک (با ضریب ۱/۶۳) به‌عنوان مؤثرترین صفات در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش کم‌آبی شناسایی شدند، لذا گزینش بر اساس این صفات می‌تواند بازده ژنتیکی گندم را در شرایط تنش خشکی افزایش دهد. ماکزیمم و مینیمم مقدار امتیاز تشخیص به‌ترتیب ۲/۷۵ (SBUK104) و ۵/۸۷- (SBUK105) بودند.

جدول ۷- امتیاز تشخیص و گروه‌بندی دو گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال‌های زراعی ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ و میانگین دو سال

Table 7- Discriminant score and classification for two groups of high and low yield genotypes under cyclic drought stress conditions in 2018–2019, 2019–2020 and mean of traits over two years

ژنوتیپ Genotype	۹۸-۹۷ 2018-2019		۹۹-۹۸ 2019-2020		میانگین دو سال Mean over two years	
	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification
گروه اول: ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا Group 1: high yield genotypes						
SBUK103	1.41	1	3.15	1	2.65	1
Mahdavi	2.15	1	2	1	2.24	1
Excalibur	1.5	1	-0.33	2	0.51	1
SBUK104	2.53	1	2.54	1	2.75	1
SBUK101	-2.41	2	-1.03	2	-1.62	2
گروه دوم: ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین Group 2: low yield genotypes						
SBUK102	-4.5	2	-1.33	2	-2.81	2
Kalheydari	-3.43	2	-3.01	2	-3.43	2
SBUK106	-3.66	2	-5.31	2	-4.74	2
SBUK105	-2.49	2	-3.25	2	-5.87	2
Roshan	-4.31	2	-6.62	2	-2.89	2



شکل ۱- ارتباط امتیاز تشخیص با عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای

Figure 1- Association of discriminant score with grain yield ($ton.ha^{-1}$) in cyclic drought condition

لاین SBUK101 به‌عنوان یک ژنوتیپ با عملکرد بالا بود اما بر اساس امتیاز تشخیص در گروه دوم قرار گرفت (جدول ۷، میانگین دو سال)، سایر ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مورد انتظار قرار گرفتند، بنـابراین دقت تابع تشخیص ۹۰ درصد برآورد شـد. تـابع تشـخیص همچنـین توانست بـه‌طـور مـؤثری ژنوتیـپ‌هـا را در سـال اول و دوم آزمـایش به‌ترتیب با دقت ۸۰ درصد و ۹۰ درصد از هم تفکیک نماید.

شکل ۱ روند تغییرات عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای و امتیاز تشخیص را با استفاده از مدل رگرسیونی که بر اساس داده‌های مربوط به این دو صفت برازش داده شد نشان می‌دهد. تابع تشخیص توانست ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در شرایط تنش کم‌آبیاری توجیه کند. همبستگی مثبت و معنی‌دار (**r= ۰/۸۵) بین عملکرد دانه (تن در هکتار) و امتیاز تشخیص مشاهده شد. این همبستگی توسط نمودار رگرسیونی تأیید می‌شود. این نتایج کارایی معیار گزینشی ارائه شده (رابطه (۶)) را نشان می‌دهد.

با توجه به امتیاز تشخیص محاسبه شده برای هر ژنوتیپ و همچنین نمودار رگرسونی ترسیم شده ارقام مهدوی، اکسکلیبر، لاین‌های ایزوژن SBUK103 و SBUK104 در گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و لاین‌های ایزوژن SBUK105، SBUK106، SBUK101، SBUK102 و ارقام روشن و کل‌حیدری در گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین قرار گرفتند. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که لاین‌های ایزوژن زمینه ژنتیکی مهدوی پتانسیل عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با لاین‌های ایزوژن دو زمینه ژنتیکی دیگر دارند. در بررسی‌های پیشین نیز از بین ۴۰ ژنوتیپ گندم نان بررسی شده، رقم مهدوی بالاترین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را دارا بود (Abdolshahi *et al*., 2013).

نتیجه‌گیری

صفات طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله که وارد تابع تشخیص شدند به دلیل دارا بودن ویژگی‌های مطلوب از جمله همبستگی مثبت، معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه، وراثت‌پذیری بالا و ارزیابی آسان، صفات ارزشمندی در مطالعات بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط تنش رطوبتی می‌باشند و گزینش بر اساس این صفات می‌تواند یک رویکرد جایگزین برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد دانه و گام مؤثری در پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی گندم در این شرایط باشد. در این پژوهش مشخص شد بین صفات بررسی‌شده، طول ریشک نقش مهمی در تحمل به خشکی دارد. این صفت علاوه بر واردشدن در تابع تشخیص، بالاترین درصد پاسخ به گزینش (به‌ترتیب ۹۲/۷۸ درصد و ۸۴/۲۹ درصد در سال‌های اول و دوم)، بیشترین تنوع ژنتیکی (به‌ترتیب ۵۰/۷۲ و ۵۵/۸۸ در سال‌های اول و دوم) و فنوتیپی (به‌ترتیب ۵۱/۸۵ و ۵۷/۰۵ در سال‌های اول و دوم)، همبستگی بالا و مثبت با عملکرد دانه (**r = ۰/۷۹) و وراثت‌پذیری بالا (۰/۹۶) را به خود اختصاص داد. تابع تشخیص حاصل شده در این پژوهش با توجیه درصد بالای تغییرات عملکرد دانه (۷۲ درصد) و همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه (**r= ۰/۸۵) به‌عنوان یک روش چندمتغیره کارآمد و تکنیک مناسبی در شناسایی ژنوتیپ‌های پرعملکرد در شرایط تنش رطوبتی پیشنهاد می‌گردد. زمینه ژنتیکی مهدوی به دلیل برخورداری از پتانسیل عملکرد بالا و تحمل به تنش خشکی و دارابودن صفات مطلوب زراعی از جمله برگ پرچم و ریشک‌های بزرگ گزینه مناسبی برای استفاده در برنامه‌ای به‌نژادی افزایش عملکرد دانه در گندم نان می‌باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان به دلیل تامین مالی پروژه سپاسگزاری می‌نمایند.

References

1. Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S., and Mohamadi-Nejad, G. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives of Agronomy and Soil Science 59 (5): 685-704. https://doi.org/10.1080/03650340.2012.667080.
2. Abdolshahi, R. 2014. Introduction to multivariate statistics. Shahid Bahonar University of Kerman Publications, p.238.
3. Aghaee Sarbarzeh, M. 2012. Variation of agronomic traits in durum wheat genotypes. Seed and Plant Improvement Journal. 28 (3): 481-502. (in Persian).
4. Banziger, M., Edmeades, G. O., Beck, D., and Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From Theory to Practice. CIMMYT, Mexico, D.F.
5. Blake, N. K., Lanning, S. P., Martin, J. M., Sherman, J. D., and Talbert, L.E. 2007. Relationship of flag leaf characteristics to economically important traits in two spring wheat crosses. Crop Science 47 (2): 491-494. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.05.0286.
6. Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. P. 197-215. *In:* H. Jounes, T.J. Flowers, and M.B. Jones, Plants Under Stress. Cambridge University Press. London.
7. Daryanto, S., Wang, L., and Jacinthe, P. A. 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. PloS one 11 (5): e0156362. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362.
8. Dawari, N. H., and Luthra, O. P. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research. 25 (1991): 68-72.
9. Dorrani-Nejad, M., Mohammadi-Nejad, G., and Nakhoda, B. 2017a. Assessment of Relationship between Agronomic traits and grain yield in recombinant inbred lines derived from Roshan × Falat wheat varieties under

drought stress. Journal of Crop Breeding 8 (20): 52-59. (in Persian with English abstract).
10. Dorrani-Nejad, M., Mohammadi-Nejad, G., and Abdoshahi, R. 2017b. Assessment of Genetic Parameters of Agronomic traits in bread wheat using generation means analysis under water-limited conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (2): 389-398. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/gsc.v15i2.51405.
11. Erkul, A., Aydin, U. N., and Konak, C. 2010. Inheritance of yield and yield components in a bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cross. Turkish Journal of Field Crops 15 (2): 137-140.
12. Fakhar, U., Fida, M., and Sheraz, A. 2015. Genetic divergence in wheat recombinant inbred lines for yield and yield components. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 15 (9): 1854-1859.
13. Falconer, D. S., and Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics, 4th ed. Longman, London.
14. Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. vol. 1. Macmillan, New York.
15. Gol Parvar, A., Ghanadha, M. R., Zali, A., and Ahmadi, A. 2003. Determine of the best selection traits for yield improvement of bread wheat under drought stress. Seed Plant Journal 18 (2): 144-155. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.110852
16. Guoth, A., Tari, I., Galle, A., Csiszar, J., Pecsvaradi, A., Cseuz, L., and Erdei, L. 2009. Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: Changes in flag leaf photosynthetic activity, ABA levels, and grain yield. Journal of Plant Growth Regulation 28 (2): 167-176. DOI: 10.1007/s00344-009-9085-8.
17. Hall, A. J., and Richards, R. A., 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. Field Crops Research 143 (2013): 18-33. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.05.014.
18. Houshmand, S. 2003. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. ShahreKord University Publications. P.462.
19. Irani, S., Arzani, A., and Rezai, A. 2010. Evaluation of Heritability, Relationships of Physiological Traits and Grain Quality in Doubled haploid and their Corresponding Breeding Lines in Triticale. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (3): 542-549. (in Persian). DOI: 10.22067/gsc.v8i3.7773
20. Izanloo, A., Condon, A., Langridge, P., Tester, M., and Schnurbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. Journal of Experimental Botany 59 (12): 3327-3346. https://doi.org/10.1093/jxb/ern199.
21. Kamali Zadeh, M., Hossein Zadeh, A., and Zeinali Khaneghah, H. 2013. Inheritance of some quantitative traits in bread wheat under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 44 (2): 317-326. (in Persian). DOI: 10.22059/ijfcs.2013.35120
22. Kirigwi, F. M., Van ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Paulsen, G. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135 (3): 361-371. https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000013375.66104.04.
23. Koocheki, A., Banayan- Aval, A., Rezvani, P., Mahdavi- Damghani, A., Jamiolahmadi M., and Vesal, S. R. 2005. The plant ecophysiology. University of Ferdoosi Mashhad Publications, Mashhad, Iran. 271 pp.
24. Molaei, B., Moghaddam, M., Alvaikia, S. S., and Bandeh-Hagh, A. 2017. Generation mean analysis for several agronomic and physiologic traits in bread wheat under normal and water deficit stress conditions. Journal of Plant Genetic Researches 3 (2):1-10. (in Persian with English abstract). DOI: 10.29252/pgr.3.2.1.
25. Mondal, S., Singh, R. P., Mason, E. R., Huerta-Espino, J., Autrique, E., and Joshi, A. K. 2016. Grain yield, adaptation and progress in breeding for early maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. Field Crops Research 192: 78-85. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.017.
26. Razia, R., and Chowdhry, M. A. 2003. Estimation of variation and heritability of some physio-morphic traits of wheat under drought condition. Asian Journal of Plant Sciences 2 (10): 748-755. DOI: 10.3923/ajps.2003.748.755.
27. Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria improve yield under drought plant. Growth Regulation 20 (2): 157-166. https://doi.org/10.1007/BF00024012.
28. SAS Institute Inc. 2004. Base SAS 9.1 Procedures Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
29. Sharma, S. 1996. Applied Multivariate Techniques. John Wiley and sons Inc., New York.
30. Shayan, S., Moghaddam Vahed, M., Norouzi, M., Mohammadi, S., and Toorchi, M. 2019. Genetic analysis of agronomic and physiological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using generation mean analysis under drought stress conditions and spring planting in the cold climate. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (3): 210-224. (in Persian with English abstract). DOI: 10.29252/abj.21.3.210.
31. Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. 1985. Biometrical nethods in quantitative genetic analysis. Kayani Publisher, New Delhi.
32. Vanda, M., and Houshmand, S. 2011. Study of Genetic Structure of Stomatal and Flag Leaf Traits in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. durum). Journal of Crop Breeding 3 (7): 27-41. (in Persian with English abstract).
33. Zanganeh Asadabadi, Y., Khodarahmi, M., Nazeri, S. M., Mohamadi, A., and Peyghambari, S. A. 2012. Genetic study of grain yield and its components in bread wheat using generation mean analysis under water stress condition. Journal of Plant Physiology and Breeding 2 (2): 55-60.
34. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of plant Biology 53 (1): 247-273. DOI: 10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329.